南京地区棉蚜的飞行活动节律及其飞行能力

刘向东，张孝羲，翟保平

（南京农业大学植物保护学院，南京　210095）

摘要：昆虫的飞行活动规律及飞行能力是研究其能否迁飞的基础。通过采用春季到秋季 20 m 高空黄盆诱蚜、高空所诱蚜和春季木槿树上有翅蚜的卵巢解剖，以及春夏秋三季田间有翅蚜的吊飞试验等方法，研究了南京地区棉蚜 *Aphis gossypii* 的飞行活动节律和飞行能力。结果表明，有翅棉蚜的日羽化高峰出现在 19：00～20：00。2001 年南京地区棉蚜的春、秋两季迁飞高峰分别在 5 月 8 日和 10 月 25 日。5 月份高空诱集的棉蚜中，95.7%个体的卵巢小管数在 7 条以下，而木槿上羽化后 1 天的有翅蚜中有 35.2%个体的卵巢小管数在 7 条以上；高空诱蚜和木槿上蚜的平均卵巢小管数存在极显著差异，分别为 3.94±1.65 和 5.88±1.92。8 月中下旬棉田棉蚜存在低空飞行行为，并且出现飞行高峰时有翅蚜的卵巢小管数平均在 6 条以下，超过 6 条则停止飞行。羽化后 1～2 天有翅棉蚜吊飞个体的飞行比率和平均飞行距离表现为春、秋季显著大于夏季，三季的最长飞行距离分别为 3.89 km、6.15 km 和 1.44 km。

关键词：棉蚜；羽化节律；飞行行为；卵巢小管；飞行距离

中图分类号：Q968.1　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：0454-6296（2003）04-0489-06

Flight activity rhythm of the cotton aphid，*Aphis gossypii* Glover in Nanjing and its flight capacity

LIU Xiang-Dong，ZHANG Xiao-Xi，ZHAI Bao-Ping（College of Plant Protection，Nanjing Agricultural University，Nanjing　210095，China）

Abstract：Understanding flight behavior is basic to the study of insect migration. We investigated the flight activity and capacity of the cotton aphid，*Aphis gossypii*，in Nanjing，Jiangsu Province. Insects were captured using yellow-basin traps placed on the top of a 20 m high building. Ovaries of trapped females were dissected and aphids collected from *Hibiscus syriacus* trees for tethered flight tests in spring，summer and autumn. The results show that the daily emergence peaks of alates occurred between 19：00 and 20：00. There were two migration peaks，occurring on 8 May and 25 October in 2001. 95.7% of female aphids trapped in basin traps in May had < 7 ovarioles. However，35.2% of alate aphids captured on *H. syriacus* had > 7 ovarioles. The average number of ovarioles in alate aphids trapped in basin traps（3.94±1.65）and on *H. syriacus* trees（5.88±1.92）were significantly different. In cotton fields，alate aphids flying low in the sky were observed from middle to late August，2001. These had < 6 ovarioles. Flight behaviour was not observed in aphids with > 6 ovarioles. The flight capacity of cotton aphids was measured using tethered flight tests. The results show that the flying rate and the average flight distance were greater in spring and autumn than in summer. Maximum flight distances in spring，summer and autumn were 3.89 km，1.44 km and 6.15 km，respectively.

Key words：*Aphis gossypii*；emergence rhythm；flight activity；ovarioles；flight distance

棉蚜的寄主范围较广，有冬寄主和夏寄主之分。棉蚜在冬、夏寄主间的迁飞及其在夏寄主间的扩散行为已有一些报道，凌冰和刘芳政（1991）对新疆吐鲁番地区棉蚜迁飞规律的研究表明，以成、若蚜越冬的棉蚜从冬寄主迁入大田的高峰发生在 3 月下旬，而以卵越冬的有翅蚜迁飞高峰发生在 4 月上旬，并在棉田内有多次扩散高峰。寄主植物衰老、营养恶化、蚜群的拥挤是产生有翅蚜迁飞的重要原因。邹运鼎等（1999）对木槿上棉蚜的空间格局随时间变化的研究也表明，棉蚜在 5 月 6 日以后

基金项目：国家自然科学基金资助项目（30070127）

作者简介：刘向东，男，1970 年生，湖南隆回人，讲师，主要从事昆虫生态及害虫生物防治研究，E-mail：liuxd@njau.edu.cn

收稿日期 Received：2002-05-20；接受日期 Accepted：2003-01-23

则不断迁出，其空间格局由聚集型转变为分散型。张超等（1999）在室内玻璃缸内对木槿上的棉蚜飞出寄主枝条的数量进行了调查，得出了棉蚜从冬寄主向夏寄主植物迁飞时，每天的 10：00 和 14：00 左右出现迁飞高峰，并测定出棉蚜飞行的能源物质主要为脂肪和糖。Rilay 和 Reynolds（1995）在印度用气球在 1 500 m 高空网捕到 2 000 多头各种蚜虫。Isard 和 Irwin（1990）研究了蚜虫在大气行星边界层中的垂直分布，发现迁飞蚜虫集中在逆温层顶的高度进行运行。Smith 和 Mackay（1989）采用蚜虫对光周期的反应及气候分析方法研究得出豌豆蚜 *Acyrthosiphon pisum* 能随气流迁飞到 300 km 以外的地区。Nieminen 等（2000）的雷达观测表明，桦绵斑蚜 *Euceraphis betulae* 和禾谷缢管蚜 *Rhopalosiphum padi* 均有明显的季节性集中迁飞行为。我国麦长管蚜在 5 月份可随西南气流由豫西、晋南、关中、陇南、陇中和延安等地的冬麦区迁往银川、内蒙、张家口和承德等地的春麦区的事实（张向才和周广和，1985；董庆周等，1987），均说明蚜虫确实具有明显的迁飞特性。程登发等（1997a，2002）研制出一种适用于测定微小昆虫飞行能力的飞行磨装置，并用它测定出禾谷缢管蚜的最大飞行距离为 26.231 km，麦长管蚜的最大飞行距离为 22.51 km。何金英等（1998）和梁帆等（2001）用这一吊飞装置较好地测试出美洲斑潜蝇、桔小实蝇等小型检疫性害虫的飞行能力。迁飞行为与卵巢发育的共轭关系一直是迁飞昆虫研究中常用的方法，张孝羲和王茂涛（1991）研究了桃赤蚜起飞时间、起飞角度与体内卵巢小管数间的关系，明确了迁飞潜力与卵巢小管数间存在明显的负相关关系。然而关于棉蚜的飞行与卵巢发育间的关系以及迁飞距离等方面，目前尚未见报道。明确棉蚜的最大飞行距离、迁飞与卵巢发育之间的关系，可为越冬寄主上棉蚜对夏寄主的侵染范围以及迁飞时期的确定提供理论依据。我们对南京地区棉蚜的羽化节律、迁飞的时间动态、迁飞与卵巢发育和飞行距离进行了研究，以期能明确棉蚜的迁飞特性，从而为棉蚜的预测预报与防治提供指导。

1 材料和方法

1.1 有翅棉蚜日羽化高峰的观察

2001 年 5 月 11 ~ 13 日将室内自然条件下饲养的高龄有翅若蚜 50 ~ 90 头左右，连同棉叶放入培养皿中（直径 22 cm，高 2.5 cm），在室内自然条件下每隔 1 h 观察羽化蚜数，并挑除羽化个体，观察连续进行 3 天，统计棉蚜的羽化高峰。

1.2 高空及棉田边棉蚜的诱集与卵巢解剖

在 20 m 高的楼顶放置直径 31 cm 的圆形黄盆 8 只，每 4 只紧靠一起为一组，组间相隔 50 cm，便于收集诱盆中的蚜虫，每只诱盆中保持 8 cm 深的肥皂水。2001 年 3 月 ~ 11 月每日早晨收集盆内蚜虫，带回室内在解剖镜下鉴定并记载棉蚜数量，进行卵巢解剖。诱集期间保持盆内水面清澈。同时在此期间采集木槿上有翅若蚜，室内培养至成蚜，并对当日羽化的有翅蚜个体进行卵巢解剖，记录各个体的卵巢小管数目。8 月初至 9 月下旬用同样方法在距棉田 5 m 处的地面诱集棉蚜。

1.3 棉蚜的吊飞测试

对田间采回的有翅若蚜在室内培养至成蚜，对 1 ~ 2 日龄有翅蚜进行吊飞测试。采用程登发等（1997a）研制的 32 通道的磁浮式微小昆虫吊飞仪及计算机自动采集分析软件进行测试与记录。吊飞分春季（4 月 20 日 ~ 5 月 22 日）、夏季（8 月 15 日 ~ 24 日）和秋季（10 月 8 日 ~ 22 日）三阶段进行，春季温度为室温，夏秋两季温度控制在 28 ~ 29℃，每次吊飞直至棉蚜死亡，每阶段吊飞虫量在 200 头以上。

2 结果与分析

2.1 棉蚜有翅蚜的日羽化节律

对棉花上有翅棉蚜一天内的羽化节律观察表明，有翅棉蚜白天和夜晚均能羽化，但以夜晚为主。羽化高峰出现在 19：00 ~ 20：00（图 1）。

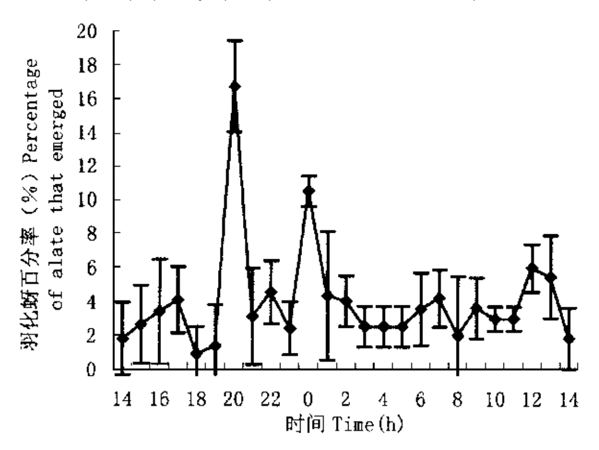


图 1 棉蚜有翅蚜日羽化节律

Fig. 1 Circadian emergence rhythm of alate cotton aphids

2.2　高空棉蚜数量的季节性波动

由图 2 可知，在南京地区 20 m 高空春、秋两季均可诱到棉蚜，但在夏季诱到棉蚜很少，这说明棉蚜至少能在 20 m 的上空飞行。由图 2 还可知，2001 年棉蚜在南京地区由冬寄主迁移到夏寄主上的时间主要在 5 月 1 日到 18 日，高峰为 5 月 8 日；从夏寄主回迁冬寄主上的时间在 10 月 15 日至 11 月 9 日，高峰为 10 月 25 日。另外，棉蚜的飞行行为明显受天气状况的影响，如在迁移高峰期的 5 月 5 日和 6 日为雨天，诱虫量明显下降，而无雨、风小的天气诱到的棉蚜相对较多。

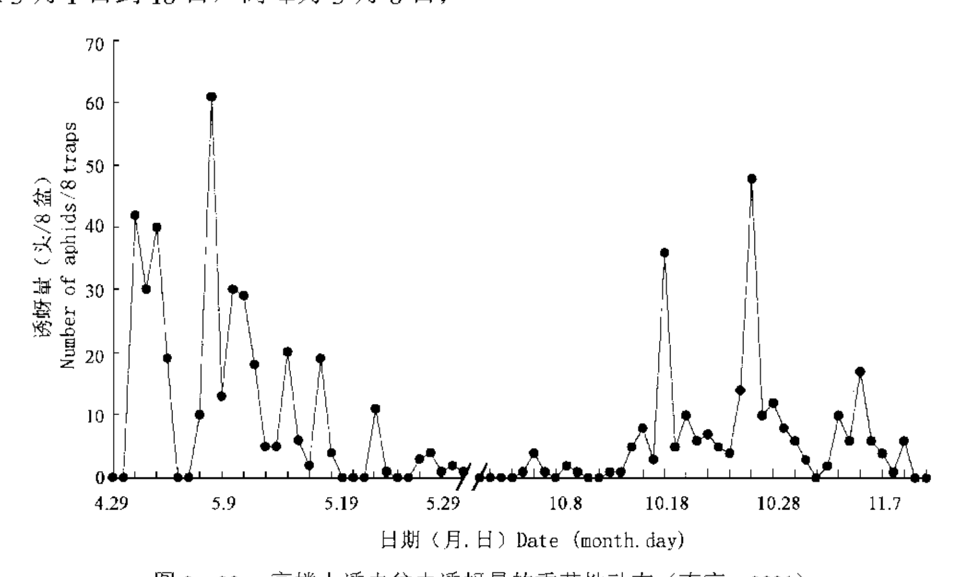


图 2　20 m 高楼上诱虫盆内诱蚜量的季节性动态（南京，2001）

Fig. 2　Seasonal dynamics of alate aphids trapped in yellow basins on top of a 20-meter high building (Nanjing, 2001)

2.3　棉蚜的飞行活动与卵巢发育的关系

2.3.1　冬寄主往夏寄主迁移期棉蚜的卵巢小管数：在 4 月 26 日到 5 月 12 日对木槿上羽化后一天的有翅蚜 179 头的卵巢进行解剖，得到每个个体的卵巢小管数，同时对高空 141 头诱蚜进行卵巢解剖，然后分别统计不同卵巢小管数个体出现的比率（图 3）。由图 3 可知冬寄主木槿上的有翅棉蚜卵巢小管最少为 2 条，最多达 10 条，并且 64.8% 的个体卵巢小管在 7 条以下（多为 4～5 条），35.2% 的个体卵巢小管在 7 条及以上（多为 8 条）。高空所诱棉蚜的卵巢小管数在 0～8 条之间，并且多为 4 条（占 38.3%），而 7 条以下的个体占 95.7%。高空和木槿上有翅蚜的平均卵巢小管数分别为 3.94 ± 1.65 和 5.88 ± 1.92 条，两者存在极显著差异（$F = 90.81$，$P < 0.00001$）。

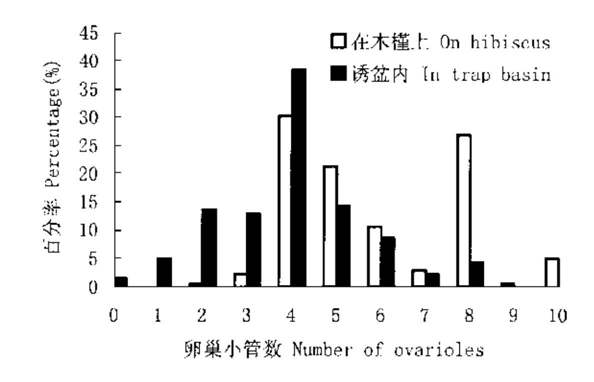


图 3　木槿和诱盆内有翅棉蚜中不同卵巢小管数个体的比率

Fig. 3　Percentage of the alate aphids with different numbers of ovarioles on *Hibiscus syriacus* and in trap basins

2.3.2　夏季棉田有翅棉蚜的飞行与卵巢小管数的关系：8 月 3 日至 9 月 20 日在棉田边 5 m 处用黄盆诱蚜，诱蚜数量的时间动态如图 4。由图可知，2001 年夏季棉田中棉蚜在 8 月 12～14 日出现一个明显的高峰，而 8 月 26 日以后，诱蚜数量极少，甚至诱不到蚜虫。在田间诱蚜高峰期，20 m 高空并未诱到棉蚜，说明此时棉蚜的飞行只在低空进行，属近距离的扩散行为。

又由表 1 可知，棉田棉蚜在 8 月 17 日至 27 日间，羽化后 1 天的有翅蚜卵巢小管数平均少于 6 条，此时田间能诱到较多的棉蚜；而在 8 月 27 日至 9 月 18 日出现的有翅蚜卵巢小管数平均在 6 条以上，此段时间田间诱蚜量就相当少，这说明棉蚜的飞行行为与卵巢小管数之间存在明显的共轭关系，并且 8 月中下旬产生的有翅蚜也具备飞行扩散的能力，但其难以达到高空进行长距离的飞行。

表1 棉田有翅蚜的卵巢小管数*

Table 1 Number of ovarioles in the alate aphids in cotton fields

日期（月.日） Date (month. day)	样本数 Number of aphids	卵巢小管数 Number of ovarioles
8.17	10	4.1 ± 1.2 b
8.23	15	4.1 ± 0.8 b
8.27	8	6.1 ± 2.4 a
9.14	8	7.3 ± 1.0 a
9.16	6	7.5 ± 1.9 a
9.18	7	6.0 ± 1.9 a

*数据后有不同字母表示差异显著（$P \leqslant 0.05$），下表同。The means followed by different letters are significantly different at $P \leqslant 0.05$ (Duncan's multiple range test). The same for following tables.

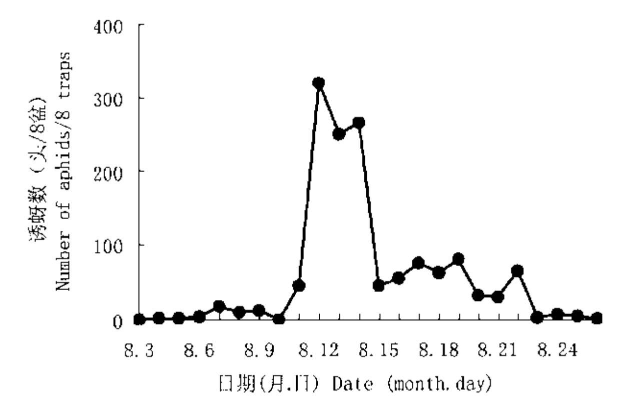


图4 棉田边诱盆内棉蚜的数量动态（南京，2001）

Fig. 4 The numerical dynamics of cotton aphids trapped beside cotton fields (Nanjing, 2001)

2.4 棉蚜的飞行能力

对春季、夏季和秋季田间羽化后1~2天的有翅棉蚜进行吊飞试验，结果如表2。棉蚜在冬寄主和夏寄主间的转移阶段中，其飞行个体的比率高，平均飞行距离远。春、夏、秋季三个时期中棉蚜的最大飞行距离分别为3.89 km、1.44 km和6.15 km，说明棉蚜在春、秋两季的飞行能力强，夏季的飞行能力较弱。

表2 不同季节吊飞棉蚜的飞行能力

Table 2 The flight capacity of tethered cotton aphids in different seasons

季节 Season	吊飞虫数 n	飞行个体比率 % flying alates	平均飞行距离(m) Average flight distance	最大飞行距离(m) Max. flight distance
春季 spring	375	21.7	500.4 ± 72.7 a	3 890.4
夏季 summer	235	4.3	370.0 ± 59.2 b	1 436.0
秋季 autumn	356	18.3	627.8 ± 40.5 a	6 149.9

3 讨论

试验表明，2001年棉蚜在南京地区存在春、秋两个明显的迁飞高峰，即5月上中旬从冬寄主向夏寄主的迁飞、10月中下旬从夏寄主向冬寄主的回迁，在这两个时期均能在20 m高的楼顶诱集到棉蚜。张孝羲和王茂涛（1991）对桃蚜起飞角度大小与卵巢发育关系的研究表明，卵巢发育快、卵巢小管多的个体起飞角度小、起飞时间长。同样，棉蚜的飞行与卵巢的发育也存在明显的共轭关系，春季高空诱集到个体中93.6%的卵巢小管数少于6条，处于发育的不成熟阶段，而木槿上有35.2%的个体在6条以上；夏季棉田有翅蚜在8月中下旬出现低空飞行行为，此时卵巢小管数也在6条以下，当卵巢小管数达7条以上时，飞行行为停止（表1、图4）。刘向东等（2003）对棉蚜起飞角度与卵巢小管数关系的研究也表明，起飞个体的卵巢小管数平均为5.7条，卵巢小管数多于8条的个体即使能起飞，其起飞角度也显著比卵巢小管数小于8条的个体小。

棉蚜有翅蚜的羽化高峰多在19：00~20：00，张超等（1999）报道棉蚜日迁飞高峰出现在10：00和14：00左右，这说明有翅棉蚜大多要经过14 h的取食与休息后才进行迁飞。羽化后1~2天棉蚜吊飞时的最大飞行距离在春、夏、秋季间存在差异，表现为秋季最远（6.15 km），春季次之（3.89 km），夏季最短（1.44 km），说明棉蚜在冬、夏寄主间转移时，如果加上风力的作用，至少能飞行到3~6 km外的场所获得适合寄主。不过棉蚜在迁飞过程中风力的推动作用以及在降落过程中能否对寄主进行定位还有待进一步研究。

在5月份对木槿上羽化后一天的有翅蚜卵巢解剖发现，一部分个体卵巢小管数明显多于另一些个体，另外春季棉蚜迁飞结束后在少部分木槿上仍有棉蚜滞留，9月中下旬棉蚜回迁之前少量木槿上又存在大量的无翅孤雌蚜，同时在吊飞的过程中发现棉蚜个体间的飞行能力差异较大，这些现象显示出棉蚜种群中很可能存在有迁飞型与滞留型，但这仅仅是一种推测，目前尚无确切的调查数据与实验结果。

参 考 文 献 (References)

Cheng D F, Tian Z, Sun J R, Ni H X, Li G B, 1997a. A computer-moni-

tored flight mill system for tiny insects such as aphid. *Acta Entomol. Sin.*, 40 (Suppl.): 172－179.［程登发，田囡，孙京瑞，倪汉祥，李光博，1997a. 适用于蚜虫等微小昆虫的飞行磨系统. 昆虫学报，40（增刊）：172－179］

Cheng D F, Tian Z, Sun J R, Ni H X, Li G B, 1997b. The influence of temperature on the flight performance of *Rhopalosiphum padi* (L.) measured with a flight-mill system. *Acta Entomol. Sin.*, 40 (Suppl.): 180－185.［程登发，田囡，孙京瑞，倪汉祥，李光博，1997b. 禾缢管蚜在不同温度条件下的飞行能力. 昆虫学报，40（增刊）：180－185］

Cheng D F, Tian Z, Li H M, Sun J R, Chen J L, 2002. Influence of temperature and humidity on the flight capacity of *Stiobion avenae*. *Acta Entomol. Sin.*, 45 (1): 80－85.［程登发，田囡，李红梅，孙京瑞，陈巨莲，2002. 温度和湿度对麦长管蚜飞行能力的影响. 昆虫学报，45（1）：80－85］

Dong Q Z, Wei K, Meng Q X, Wu F Z, Zhang G X, Zhong T S, Liu D H, 1987. Investigation on long distance migration of grain aphid *Macrosiphum avenae* (Fabr.) in Ningxia. *Acta Entomol. Sin.*, 30 (3): 277－284.［董庆周，魏凯，孟庆祥，吴福桢，张广学，钟铁森，刘笃慧，1987. 宁夏地区麦长管蚜远距离迁飞的研究. 昆虫学报，30（3）：277－284］

He J Y, Deng W X, Yang S C, 1998. Studies on natural population and flight performance of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *Plant Quarantine*, 12 (4): 193－197.［何金英，邓望喜，杨石城，1998. 美洲斑潜蝇自然种群生命表及飞行能力的研究. 植物检疫，12（4）：193－197］

Isard S A, Irwin M E, Hollinger S E, 1989. Vertical distribution of aphids (Homoptera: Aphididae) in the planetary boundary layer. *Environmental Entomology*, 19 (5): 1 473－1 484.

Liang F, Wu J J, Liang G Q, 2001. The first report of the test on the flight ability of oriental fruit fly. *Acta Agric. Univ. Jiangxi*, 23 (2): 259－260［梁帆，吴佳教，梁广勤，2001. 桔小实蝇飞行能力测定试验初报. 江西农业大学学报，23（2）：259－260］

Ling B, Liu F Z, 1991. The investigation on migration and damage of cotton aphids in Tulufan, Xinjiang. *Xinjiang Sci. Agric. Sin.*, 1: 18－20.［凌冰，刘芳政，1991. 吐鲁番棉蚜的迁飞及为害调查. 新疆农业科学，1：18－20］

Liu X D, Zhai B P, Zhang X X, Xiong F, 2003. The relationship between flight behavior and ovary development of the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *Entomol. Knowl.*, 40 (1): 39－42.［刘向东，翟保平，张孝羲，熊风，2003. 棉蚜飞行行为与卵巢发育的关系. 昆虫知识，40（1）：39－42］

Nieminen M, Leskinen M, Helenlus J, 2000. Doppler radar detection of exceptional mass-migration of aphids into Finland. *International Journal of Biometerorology*, 44 (4): 172－181.

Riley J R, Reynolds D B, 1995. Long-distance migration of aphids and other small insect in northeast India. *European J. Entomol.*, 92 (4): 639－653.

Smith M A H, Mackay P A, 1989. Seasonal variation in the photoperiodic responses of a pea aphid population: evidence for long-distance movements between populations. *Oecologia*, 81 (2): 160－165.

Zhang C, Pan X M, Huang C, 1999. Studies on migration behavior and energy substance of cotton aphids. *Anhui Agri. Bull.*, 5 (4): 29－30.［张超，潘晓明，黄诚，1999. 棉蚜迁飞行为及能量物质利用的研究. 安徽农学通报，5（4）：29－30］

Zhang X C, Zhou G H, 1985. Researches on the long-distance migration and spread virus of wheat aphid. *Acta Phytophylacica Sinica*, 12 (1): 9－16.［张向才，周广和，1985. 麦蚜远距离迁飞及传毒规律的研究. 植物保护学报，12（1）：9－16］

Zhang X X, Wang M T, 1991. Studies on the relationship between variation of ovary canal number and takeoff behaviour in green peach aphid. *Acta Phytophylacica Sinica*, 18 (2): 161－166.［张孝羲，王茂涛，1991. 桃蚜卵巢小管数目的变异与起飞的关系. 植物保护学报，18（2）：161－166］

Zou Y D, Zhou X Z, Li G T, Liu T W, 1999. Diffusion and migration dynamics of *Aphis gossypii* on *Hibiscus syriacus* plant. *Chin. J. Appl. Ecol.*, 10 (6): 699－702.［邹运鼎，周夏芝，李桂亭，刘同文，1999. 棉蚜在木槿上的扩散迁飞动态. 应用生态学报，10（6）：699－702］